

형광등과 발광다이오드 광원이 '곰보배추'의 생육, 엽형 및 항산화능에 미치는 영향

박현¹ · 유연정^{2*} · 최은영²

¹건국대학교 녹색기술융합학과, ²한국방송통신대학교 농학과

Effects of Fluorescent Light and Light-Emitting Diodes on Leaf Morphology, Growth and Antioxidant Capacity of *Salvia plebeia*

Heon Park¹, Yeon Jung Yu², and Eun Young Choi²

¹Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

²Department of Agriculture, Korea National Open University, Seoul, 110-791, Korea

Abstract. This study aimed to determinate the effect of fluorescent light and light-emitting diodes on the leaf morphology, growth and antioxidant capacity of *Salvia plebeia*. The plants were grown for 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, Red LED) under the same light intensity and photoperiod ($130\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 12 hours). Leaf length, width and number of *Salvia plebeia* at the 56 DAT were significantly higher under the FL and red LED, and lower in the RB LED and white LED. The highest fresh and dry weights of shoot and leaf area were observed in the red LED, followed by the FL and blue LED, and the lowest in the RB LED and white LED. After 21 DAT, leaf epinasty symptom was appeared in plants grown under red LED and RB LED. The chlorophyll content was lower in the red LED. The specific leaf weight, the ratio of leaf dry weight to area, was higher in the blue LED, and lowest in the FL. No significant difference in DPPH radical scavenging activity of *Salvia plebeia* under the different light sources. All the integrated results suggest that the FL light is a proper light conditions for a closed cultivation of *Salvia plebeia*.

Additional key words : leaf epinasty index, DPPH radical, IC₅₀, radical scavenging activity

서 론

최근 도시민들이 도시 유희지나 근교텃밭에서 식물을 재배하여 신선한 먹을거리를 직접 생산하는 도시원예활동이 증가되고 있다. 하지만 최근 이상기후나 황사 등의 문제로 인하여 외부 환경과 차단된 공간 내에서 식물을 재배하는 것이 요구되고 있다. 따라서 광, 온도, 습도 등 작물에 적합한 생육환경조건을 제공하여 계절에 관계없이 재배하는 방법들이 도시농업에서 도입되고 있다 (Yang, 2015). 외부와 차단된 공간에서 식물생산에 가장 중요한 요인은 태양광 대체 역할을 하는 인공광이고 그 중에서 발광다이오드(LED, light-emitting diode)는 무수온으로 안전하고 환경 친화적이며, 형광등에 비해 수명이 길고, 전력소모가 적으며, 광질(파장) 선택 및 광량 제어가 다른 광원에 비해 용이하며, 광합성에 유리한 필

스 조사가 가능한 장점을 지니고 있고(Hwang 등, 2004), 또한 열발생이 적어 식물체에 근접 조명이 가능하다(Kozai, 2007). LED의 가장 큰 장점 중 하나는 특정 파장영역만을 갖는 광질 선택이 가능하여 광합성 촉진 및 개화조절 그리고 당도(Brix)와 사포닌 증가 등의 기능을 수행할 수 있다는 점이다(Heo 등, 2010; Lin 등, 2013). 식물공장형 재배방식에서 LED 광원에 따른 각종 고품질 채소재배 연구가 다양하게 이루어지고 있는데 각 광질의 효과는 작물종류와 품종 간 차이가 있는 것으로 발표되고 있다(Buso와 Bliss, 1988; Yoon 등, 2015).

꿀풀과의 2년생 초본식물인 곰보배추(*Salvia plebeia*)의 식물명은 배암차즈기이며 약재명은 여지초로 그 잎과 뿌리를 기침, 천식, 염증 치료 등에 사용되어왔다. 주로 호주, 인도, 중국, 일본 및 한국을 비롯한 여러 나라에 야생으로 분포하고 있는 식용식물이나(Nugroho 등, 2012; Sales 등, 2010), 한국에서는 그 약효성분을 사용하고자 경기도, 경상남북도, 전라남북도 지역과 제주지역에서 등에서 상업적으로 재배 생산되고 있고, 또한 도시

*Corresponding author: byy455@hanmail.net
Received May 29, 2017; Revised July 25, 2017;
Accepted July 26, 2017

민들에 의해 도시농업 약초체험 농장 등에서 재배되고 있다. 곰보배추는 키가 보통 20 ~ 80cm까지 자라고 잎은 타원형이거나 피침 형이며 줄기는 사각기둥 모양이며 따뜻하고 낮은 지대 습한 곳에서 자란다. 5월~7월에 연한 보라색 꽃이 피고 추대하기 전 연한 전초는 식용으로 이용된다. 가을부터 봄 사이에 뿌리부터 잎까지 모두 약초로 사용되고 사포닌, 플라보노이드 및 정유성분 등이 함유되어 있어 특유의 향기가 있으며 맵고 씹쓸한 맛이 난다. 곰보배추의 플라보노이드 성분은 hispidulin, homoplantagin, nepetin, nepitrin, luteolin, luteoloside, 및 eupatorin 등으로 알려져 있다(Ai-li 등, 2006; Gu와 Weng, 2001; Kang 등, 2003). 본 연구에서는 항산화성 물질이 풍부하여 고부가가치 자원식물인 곰보배추를 계절에 관계없이 가정이나 도시 내 건물 내에서 연중 생산하기 위하여 인공광을 도입한 재배시스템에서 광질에 따른 생육, 엽형 및 항산화능을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 재배 및 환경

곰보배추(*Salvia plebeia*) 모종은 텃밭상자(60(L)×40(W)×35cm(H))(Chaesobat, Joygarden, Seoul, Korea)에 원예용상토(Baroker, Seoul Bio Co., Chungbuk, Korea)를 30L씩 넣고 상자당 20cm×10cm 간격으로 9주 씩 10월 12일에 정식하였고 상자 아래에 물받이를 포개어 관수 후 배액이 되도록 하였다. 정식 후 56일 동안 형광등과 LED광이 설치된 선반(145(L)×45(W)×91.5cm(H))에서 평균 명암기온도는 각각 23.5/15.5°C와 습도는 40/50%로 광도는 130 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 광주기는 12/12h로 설정하여 재배하였다. 관수는 간이수분측정기(WT-1000NC, Inc. Mirae sensor, Seoul, Korea)를 사용하여 55±5%가 유지되도록 관수하였다. 전 재배기간 동안 광도와 온습도 환경은 30분 간격으로 Watchdog 데이터 로거(Watchdog 2450, Technologies Inc., USA)에 계측 및 저장되었다.

2. 실험처리

실험처리는 LED광(ZVAS-02-0300, Sunghyun Hightech Co Ltd, Korea)은 적색(R), 청색(B), 적색과 청색의 혼합광(2:1비율)(RB2:1), 백색(W)광으로 처리하였고 대조구로 형광등(FL)을 처리하였다. 광강도는 LED조명의 전원공급 장치를 이용하여 광원으로부터 25cm 떨어진 식물체 상부 잎 표면에서의 평균 광합성유효광양자속(photosynthetic photon flux density, PPF)이 130 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 으로 되도록 고정하여 전 재배기간 동안 동일한 광도를 조사하였다. 정식 후 7일 간격으로 25일 동안 엽장, 엽폭, 엽병, 엽수, 광합성율을 측정하였고, 수하수지(leaf epinasty

index, LEI)는 잎이 최대로 전개된 후에 측정하였다. 정식 후 25일째와 56일째에는 엽면적, 뿌리길이, 지상부 및 지하부의 생체중, 건물중을 조사하였다.

3. 측정항목 및 측정방법

정식 후 곰보배추의 생육을 비교하기 위하여 정식 후 일주 간격으로 엽장, 엽폭, 엽수(엽장이 1.0cm 이상 전개된 잎) 및 엽록소 함량(SPAD-501, MINOLTA, Japan)을 측정하였다.

재배 중 수하현상을 보인 적색광(R)과 혼합광(RB) 처리구에서 정식 4주째 부터 LW(엽폭)과 LD(수하된 잎 양쪽 선단사이 거리)를 측정하여 수하수치를 측정하였다(leaf epinasty index = $1 - 0.5 \times (LD/LW)$)(Fukuda, 2008). 정식 후 18, 27, 51 및 56일째에 광합성 측정기(Model 6400, Li-COR, Lincoln, NE, USA)로 1500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광합성유효광과 CO₂ 400 ppm 조건에서 수분이용효율(Water Use Efficiency, WUE(= $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$ = net photosynthesis rate (P_n) / transpiration rate (E)), 기공전도도(Stomata conductivity, Cond), 세포내 이산화탄소농도(Intercellular carbon dioxide concentration, Ci), 증산률(Transpiration rate, Trmmol), 엽과 대기의 수증기압차(Leaf to air vapor pressure deficit, VpdL)를 측정하였다. 정식 후 28일과 56일에 엽면적은 엽면적기(GA-5, KIYA, Japan)를 이용하여 측정하였고, 건물중은 건조기(HB-504F-0, Inc. Hanbaek science, Korea)를 이용하여 65°C에서 72시간 건조 후 전자저울(HS-4104, Inc. Hansung machine, China)로 측정하였다. 비엽중(specific leaf weight: SLW)은 엽면적당 건물중(mg)으로 표현하였다. 엽형태는 엽장과 엽폭을 측정한 후 엽형지수(엽장/엽폭)로 표현하였다. 상대성장율(RGR: relative growth rate)은 ($RGR = (\ln W_2 - \ln W_1)/(t_2 - t_1)$)로 계산하였다.

수확 후에는 항산화 성분(DPPH분석)함량 등을 측정하기 위하여 지상 부 식물체를 처리 구 당 4반복 씩 -80°C 냉동고(DF8524, Ilshin, Korea)에 냉동 후 순차적으로 동결 건조기(FREEZE DRYER, ILSIN Lab, Korea)에 건조하여 분쇄기(HR2860, Philips, Germany)를 이용하여 분쇄한 후 임시 데시케이터에 저장하여 DPPH radical (2,2-Di(4-tert-octylphenyl)-1-picrylhydrazyl) 소거 활성 측정법으로 항산화능을 측정하였다. 에탄올(EtOH) 10mL에 시료 0.1g를 녹여 50°C 60분간 Sonication한 후, 4000rpm에서 20분간 원심 분리한 후 상층 액만 사용하였다. 에탄올에 적절한 농도(1%, 0.5%, 0.25%, 0.125%, 0.0625%, 0.03125%, 0%)로 희석한 시험물질 500 μL 에 0.2mM DPPH 2500 μL , 에탄올 2000 μL 을 가해 혼합한 후 4°C 30분간 반응한 후 517nm에서 측정한 반응 액의 흡광도

와 무 첨가 군의 흡광도를 비교하여 시료 농도별 DPPH radical 소거능(항산화 활성)을 구하고 IC₅₀값을 구해 항산화 능을 평가하였다. 양성 대조군으로 Ascorbic Acid를 이용하여 동일한 방법으로 IC₅₀값을 구해 실험방법의 유효성을 확인 하였다.

5. 통계처리

생육 분석은 엽장, 엽폭, 엽수는 정식 후부터 28일까지 총 4회에 걸쳐 각 회마다 처리별 9개 식물체, 정식 후 29일부터 56일까지는 총 4회에 걸쳐 각 회마다 처리별 6개 식물체에 대해 측정하였다. 엽록소 함량은 정식 후부터 28일까지 총 4회에 걸쳐 각 회마다 처리별 2개 식물체에 각 3반복으로, 35일에서 56일까지는 총 3회에 걸쳐 각 회마다 처리별 3개 식물체에 각 3반복으로 측정하였다. 엽면적은 정식 후 28일에 3개 식물체를 3반복으로 정식 후 56일에 2개 식물체를 2반복으로 측정하였다, 뿌리길이는 정식 후 28일에 3개 식물체를 3반복으로 정식 후 56일에 6개 식물체를 6반복으로 측정하였다. 지상부 및 지하부 생체중은 정식 후 56일에 수확된 6개 식물체를 6반복으로, 지상부 및 지하부 건물중은 정식 후 28일에 수확된 3개 식물체를 3반복으로 정식 후 56일에 수확된 6개 식물체를 6반복으로 측정하였다. 수하 현상은 정식 후 28일에 9개 식물체를 9반복으로 정식 후 29일부터 56일까지 총 4회에 걸쳐 각 회마다 6개 식물체를 6반복으로 측정하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS, SAS Institute Inc., USA)으로 하였으며 평균 간 비교는 DUNCAN의 다중범위 검정을 이용하였다.

결과 및 고찰

정식 후 56일째에 측정된 엽장, 엽폭 및 엽수는 적색 LED(R)와 대조구인 형광등(FL) 처리구에서 유의적으로 높았고 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다(Table 1). 엽형지수(엽장/엽폭)도 적색 LED(R)와 대조구인 형광등(FL) 처리구에서 유의적으로 높았고 혼합광

(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다(Fig. 1). 이전 발표된 연구결과에서 적색 LED가 엽장을 길게 유도한다고 하였는데(Lee 등, 2010; Son 등, 2012), 곰보배추의 경우 적색 LED(R)와 형광등(FL) 처리가 엽장 뿐 아니라 엽폭도 넓게 유도하였고 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리는 엽장뿐만 아니라 엽폭도 유의적으로 낮았다. 따라서 각 식물에 따라 LED 광질에 대한 반응이 다른 것을 알 수 있다(Kim 등, 2013). 뿌리길이는 광질에 따른 유의차가 없었다(Table 1). 지상부 생체중, 건물중 및 엽면적 모두 적색 LED(R) 처리구에서 가장 높았고 형광등(FL)과 청색 LED(B) 처리구가 그 다음으로 높게 나타났으며 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다(Table 2). 잎의 가장자리가 아래로 늘어지는 수하현상(epinasty)은 정식 21일 이후부터 적색 LED(R)와 혼합광(RB2:1) 처리구에서만 발생하였고 수하 정도는 적색 LED(R) 처리구에서 더 심하게 나타나 적색 LED(R) 광이 수하현상과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 이 결과는 적색 LED 광이 제라늄 식물의 수하현상을 유도하였고 청색 LED가 그 수하현상을 상쇄시켜 정상적인 잎 성장을 유도한다는 연구결과와 일치된다(Fukuda, 2008). 정식 후 18, 27, 51 및 56일에 광합성

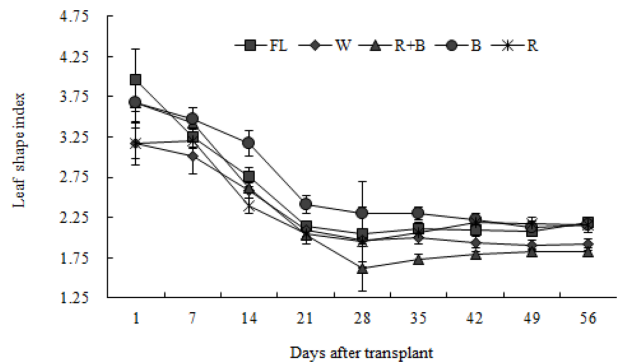


Fig. 1. Leaf shape index at 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED). The data indicate the means \pm standard errors (n=9 or 6).

Table 1. Leaf length, width and number, root length and leaf chlorophyll content (SPAD meter value) of *Salvia plebeia* grown for 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, Red LED).

Light Source	Leaf length	Leaf width	Leaf number	Root length
FL	15.05a ^z	6.88a	103b	27.95a
White	12.05bc	6.23ab	66.33c	31.42a
R+B	10.88c	5.95b	79.67bc	30.33a
Blue	13.63ab	6.35ab	80.67bc	32.88a
Red	14.48a	6.73a	135a	30.15a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Table 2. Fresh and dry weights(wt.) of shoot and root, leaf area, specific leaf weight and leaf epinasty index of *Salvia plebeia* grown for 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED).

Light Source	Fresh weight(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Leaf area (cm ²)	Specific leaf weight (mg/cm ²)	LD ^y (cm)	LW ^x (cm)	Leaf epinasty index ^w
	Shoot	Root	Shoot	Root					
FL	42.77a ^z	10.56b	4.46ab	0.77bc	1378a	3.53c	-	-	-
White	23.09b	10.14b	2.62c	0.61c	723b	5.25b	-	-	-
R+B	26.83b	14.26a	3.18bc	0.84bc	711b	5.94b	10.10	10.90	0.537
Blue	35.38ab	12.03ab	4.22ab	0.97b	826ab	8.34a	-	-	-
Red	44.24a	14.29a	5.53a	1.31a	948ab	5.53b	12.80	14.50	0.559

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

^yLD: the distance between the two edges of the leaf at level of the maximum width.

^xLW: the maximum leaf width when flat.

^wLeaf epinasty index = $1 - 0.5 \times (LD/LW)$

Table 3. Photosynthetic characteristics of leaves of *Salvia plebeia* grown for 18 and 27 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED).

Light Source	Water use efficiency	Photosynthesis (μmol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Stomatal conductance (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Internal CO ₂ (μmol·CO ₂ ·mol ⁻¹ ·air)	Transpiration rate (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Leaf to air vapor pressure deficit (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
18 days after transplanting						
FL	0.166bc ^z	5.217a	0.216b	339ab	3.16b	1.58a
White	0.244a	5.380a	0.135b	314c	2.23b	1.74a
R+B	0.122c	5.943a	0.470a	358a	4.86a	1.21b
Blue	0.211ab	5.590a	0.188b	327bc	2.73b	1.59a
Red	0.181b	5.143a	0.191b	332bc	2.84b	1.64a
27 days after transplanting						
FL	0.156b	6.100a	0.599a	366a	3.98a	0.831b
White	0.209a	5.167b	0.261b	352b	2.48b	1.047a
R+B	0.144b	5.76ab	0.616a	368a	4.02a	0.825b
Blue	0.262a	6.197a	0.253b	341b	2.43b	1.067a
Red	0.131b	4.160c	0.398ab	368a	3.25ab	0.956ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

율을 측정된 광합성률 결과 중 27일 이후의 결과가 유사하여 정식 후 18, 27일에 측정된 결과만 제시하였다. 광합성률이 18일에 측정되었을 때는 처리 별 유의차가 없었으나 27일에 측정되었을 때 적색 LED(R) 처리에서 유의적으로 가장 낮았다(Table 3). 이 결과는 정식 후 14일 이후 적색 LED(R) 처리구에서 수하현상이 진행된 것(자료 미제출)과 관련이 있는 것으로 보인다. 본 실험 이후 반복적 재배를 수행한 결과 수하현상이 나타나기 전후의 광합성율이 다른 것을 알 수 있었다(자료 미제출). 적색 LED(R) 처리구에서 최종 건물중은 가장 높았지만 정식 29일과 56일 사이 상대생장율(RGR)이 청색광 보다 낮은 것으로 보아 적색 LED(R) 처리구에서 정식 21일 전까지 빠른 생육이 진행되었음을 알 수 있다(Fig. 2). 엽

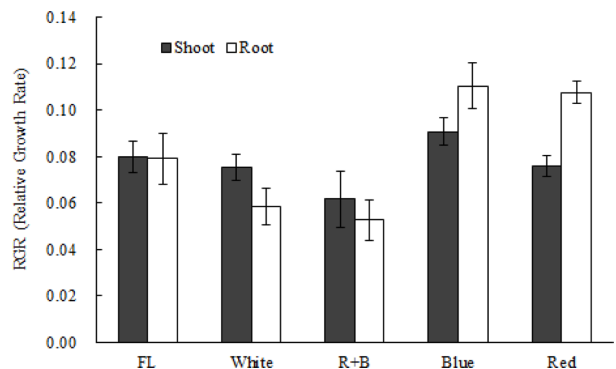


Fig. 2. Relative growth rate (RGR) of shoot between 29 and 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED). The data indicate the means ± standard errors (n=3).

록소 함량은 적색 LED(R) 처리구에서 가장 낮았고 다른 처리구에서는 재배 후기로 갈수록 점차 증가되었다 (Fig. 3). 이는 적색 LED(R)를 제외한 다른 처리구는 모두 청색광을 가지고 있어서 청색광이 잎에서 엽록소 축적과 관련이 있음을 알 수 있었다(Hogewoning 등, 2010; Johkan 등, 2010). 수분이용효율은 기공전도도와 증산률이 유의적으로 낮았던 백색 LED(W)처리구와 청색 LED(B)에서 높게 나타났다. 엽면적당 건물중(mg)을 나타내는 비엽중은 청색 LED(B) 처리구에서 가장 높았고 형광등(FL) 처리구에서 가장 낮았으며 그 외 다른 처리구(W, RB, R)간에는 유의차가 없었다. 청색 LED(B) 처리구의 비엽중은 형광등(FL) 처리구 보다 약 2.4배 높은 값을 보였는데 이는 청색 LED처리구의 곰보배추 잎의 두께가 형광등(FL) 처리구에서 재배된 것보다 증가된 것을 의미하고 청색광이 잎의 엽육조직 형성을 유도한다는 결과를 뒷받침 한다(Xiaoying 등, 2011).

적색광은 광합성 유효광으로 작물의 생체중과 엽면적 증가 효과에 대한 연구 결과들이 많이 발표되어 왔고 (Johkan 등, 2010; Son 등, 2012), 본 연구에서도 곰보배추의 생육이 적색 LED(R)와 형광등(FL) 처리구에서 월

등하게 높았다. 하지만 적색 LED(R) 처리구에서 정식 후 21일 이후부터 수하현상이 일어나 상품성을 떨어뜨리는 결과를 도출하였다. 가시광선 파장대에 속한 청색광과 적색광은 엽록소에 의해 효과적으로 흡수되어 광합성에 유용하게 이용되므로(Carvalho 등, 2011) 광합성 효율을 높이기 위한 광원으로 적색광 활용이 많다. 하지만 식물들은 광형태형성 반응(photomorphogenic responses)을 조절하는데 다양한 파장대(wide-spectrum)의 광을 사용하는데 적응되어 있다(Kendrick과 Kronenberg, 1994). 적색광은 피토크롬(phytochrome), 청색광은 청/UV 광수용기(blue/UV light photoreceptor)에 의해 흡수되면서 모두 광형태형성 반응을 유도하는데 효과적이다(Barnes and Bugbee, 1991). 따라서 특정한 파장대의 광조건에서 식물 발육의 특징과 그 이해가 필요하다고 하였다(Goins 등, 1997).

DPPH free radical 소거활성은 곰보배추 건조물량 0.03125%에서 1%로 증가시키며 관찰하였을 때 모든 처리구에서 농도 의존적으로 증가되었으며 항산화 효과를 가지는 것으로 나타났다. 하지만 그 효과는 처리 간 유의차가 없었다(Table 4). 평균 IC₅₀(the half maximal inhibitory concentration)은 혼합 LED(RB2:1) 0.39%, 청색 LED(B) 0.37%, 형광등(FL) & 적색 LED(R) 0.36%, 백색광 0.34%로 처리 간 유의차는 없었다. Lim 등 (2007)은 곰보배추의 항산화능에 대한 연구결과에서 배암차즈기의 메탄올 추출액의 DPPH radical 소거능이 농도 의존적으로 증가되었다고 보고하여 본 연구결과와 같았으며 RC₅₀ 값이 51.1µg/mL으로 나타내어 높은 항산화능을 보인다고 보고한 바 있다.

위의 결과들을 종합하여 볼 때 곰보배추의 생육은 형광등(FL)와 적색광 LED(R)에서 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높았으나 적색 LED(R)에서는 수하현상으로 인한 상품성 저하가 일어났고 항산화능은 광질에 따른 큰 차이가 나타나지 않아 형광등이 곰보배추를 실내에서 인공으로 재배 시 적합한 광원으로 판단된다. 앞으

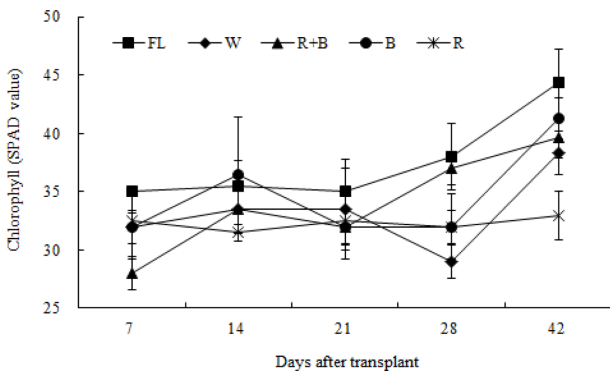


Fig. 3. Chlorophyll content of shoot at 7, 14, 21, 28, 35, 42 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED). The data indicate the means ± standard errors (n=3).

Table 4. The DPPH radical scavenging activity(%) and half maximal inhibitory concentration (IC₅₀) with different extractant concentrations from *Salvia plebeia* grown for 56 days after transplanting (DAT) under the fluorescent light (FL) and LEDs (White, Red and Blue (R+B, ratio 2:1), Blue, and Red LED).

Light Source	1%	0.5%	0.25%	0.125%	0.0625%	0.03125%	IC ₅₀ (%)
FL	97.46a ^z	76.19a	47.35a	26.42a	17.20a	6.01a	0.36a
White	94.85a	80.53a	51.24a	20.53a	10.02b	4.06a	0.34a
R+B	92.22a	86.01a	48.50a	32.74a	8.30b	4.85a	0.39a
Blue	94.41a	76.05a	39.00a	28.58a	10.89b	6.92a	0.37a
Red	94.43a	77.28a	49.15a	27.84a	8.12b	4.69a	0.36a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

로 광질에 따른 곱보배추의 항산화능 뿐 아니라 항균작용에 관여하는 물질의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구에서는 인공광 광질에 따른 곱보배추의 생육, 엽형 및 항산화능을 비교하였다. 정식 후 56일째에 측정된 엽장, 엽폭 및 엽수는 적색 LED(R)와 대조구인 형광등(FL) 처리구에서 유의적으로 높았고 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다. 엽형지수(엽장/엽폭)도 적색 LED(R)와 대조구인 형광등(FL) 처리구에서 유의적으로 높았고 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다. 지상부 생체중, 건물중 및 엽면적 모두 적색 LED(R) 처리구에서 가장 높았고 형광등(FL)과 청색 LED(B) 처리구가 그 다음으로 높게 나타났으며 혼합광(RB2:1)과 백색 LED(W) 처리구에서 낮았다. 잎의 수화 현상은 정식 21일 이후부터 적색 LED(R)와 혼합광(RB2:1) 처리구에서만 발생하였다. 엽록소 함량은 적색 LED(R) 처리구에서 가장 낮았다. 비엽중은 청색 LED(B) 처리구에서 가장 높았고 형광등(FL) 처리구에서 가장 낮았다. DPPH free radical 소거활성은 처리 간 유의차가 없었다. 위의 결과들을 종합하여 볼 때 형광등이 곱보배추를 실내에서 인공으로 재배 시 적합한 광원으로 판단된다.

사 사

이 연구는 2014년도 건국대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

Literature Cited

Ai-li, J. and W.H. Changhai. 2006. Antioxidant properties of natural components from *Salvia plebeia* on oxidative stability of ascidian oil. *Process Biochem.* 41:1111-1116.

Barnes, C. and B. Bugbee. 1991. Morphological responses of wheat to changes in phytochrome photoequilibrium. *Plant Phys.* 97:359-65.

Buso, G.S.C. and F.A. Bliss. 1988. Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus. *Plant Soil* 111:67-73.

Carvalho, R.F., M. Takaki, and R.A. Azevedo. 2011. Plant pigments: The many face of light perception. *Acta Physiol. Plant.* 33:241-248.

Fukuda, N., M. Fujita, Y. Ohta, S. Sase, S. Nishimura, and H. Ezura. 2008. Directional blue light irradiation triggers epidermal cell elongation of abaxial side resulting in inhibition

of leaf epinasty in geranium under red light condition. *Sci. Hortic.* 115:176-182.

Goins, G.D., N.C. Yorio, M.M. Sanwo, and C.S. Brown. 1997. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *J. Expt. Bot.* 48:1407-1413.

Gu, L. and X. Weng. 2001. Antioxidant activity and components of *Salvia plebeia* R. Br.-A Chinese herb. *Food Chem.* 73: 299-305.

Heo, J.W., Y.B. Lee, Y.S. Chang, J.T. Lee, and D.B. Lee. 2010. Effects of light quality and lighting type using an LED chamber system on chrysanthemum growth and development cultured in vitro. *Korean J. Environ. Agric.* 29:374-380.

Hogewoning, S.W., G. Trouwborst, H. Maljaars, H. Poorter, W. van Leperen, and J. Harbinson. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J. Expt. Bot.* 61:3107-3117.

Hwang, M.K., C.S. Huh, and Y.J. Seo. 2004. Optic characteristics comparison and analysis of SMD type Y/G/W HB LED. *J. KIIEE.* 18:15-21.

Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, and T. Yoshihara. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience* 45:1809-1814.

Kang, H.S., K.H. Son, and J.S. Choi. 2003. Scavenging effect of Korean medicinal plants on the peroxy nitrite and total ROS. *Nat Prod Sci.* 9:73-79.

Kendrick R.E., G.H.M. Kronenberg. 1994. Photomorphogenesis in plants. 2nd ed. KJuw Academic Publishers, Netherlands.

Kozai, T. 2007. Propagation, grafting and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan. *Propag. Ornament. Plants.* 7:145-149.

Kim, M.S., S.C. Chae, M.W. Lee, G.S. Park, S.W. Ann. 2013. The effects of LED light quality on foliage plants growths in interior environment. *J. of Environ. Sci. Intl.* 22:1499-1508.

Lee, J.G., S.S. Oh, S.H. Cha, Y.A. Jang, S.Y. Kim, Y.C. Um, and S.R. Cheong. 2010. Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. *J. Bio-Environ. Control.* 19:351-359.

Lim, J.A. B.W. Yun, and S.H. Baek. 2007. Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of methanol extract from *Salvia plebeia* R. Br. *Korean J. Med. Crop Sci.* 15:183-188.

Lin, K.H., M.Y. Huang, W.D. Huang, M.H. Hsu, Z.W. Yang, and C.M. Yang. 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Sci. Hort.* 150:86-91.

- Nugroho, A., Kim, M. H., Choi, J., Baek, N. I., & Park, H. J. 2012. In vivo sedative and gastroprotective activities of *Salvia plebeia* extract and its composition of polyphenols. Archives of Pharmacal Res. 35:1403-1411.
- Sales, F., I.C. Hedge, and F. Christie. 2010. *Salvia plebeia* R. BR. : Taxonomy, Phytogeography, Autogamy and Myxospermy. Pakistan J. Bot. 42:99-110.
- Son, K.H., J.H. Park, D. Kim, and M.M. Oh. 2012. Leaf shape, growth, and phytochemicals in two leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light-emitting diodes. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:664-672.
- XiaoYing, L., G. ShiRong, X. ZhiGang, J. XueLei, and T. Tezuka. 2011. Regulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light emitting diodes. HortScience 46:217-221.
- Yang, W.C. 2015. A study on the introduction of LED lighting to vertical farm for urban agriculture. J. Korean Soc. Des. Cult. 21:335-345.
- Yoon, S.T., I.H. Jeong, Y.J. Kim, T.K. Han, J.B. Yu, E.K. Jae. 2015. Response of growth and functional components in baby vegetable as Affected by LEDs source and luminous intensity. Korean J. Organic Agric. 23: 549-565.